B-CALMXP
Autopilot für Segelyachten
Bedienungsanleitung

Version Protoyp B-CALMXP ver29

Inhalt

1. Einführung

B-CALMXP ist ein innovativer, energiesparender Autopilot für Segelyachten. B-CALMXP bedient Linearantriebe, Hydraulikantriebe oder einfache Pinnenpiloten. Das System ist geeignet, elektrische Gleichstrommotoren bis 24 V mit bis zu 12A Dauerstrom zu versorgen. Für Einbauantriebe ist ein 5-Ampere-Ausgang für eine elektrische Kupplung vorhanden.

Das Ziel dieser Entwicklung war und ist die Verbesserung der seinerzeit (2012) verfügbaren Consumer-Systeme mit Hilfe aktuell verfügbarer, moderner, marktgängiger Komponenten bei gleichzeitigem Durchbrechen der horrenden Marineindustrie-Preise und deren arg begrenzter Komponenten-Lebensdauer.

Auch für Stahlyachten geeignet (GPS oder Windrichtungssensor erforderlich)

B-CALMXP ist für Stahlyachten geeignet, sofern ein externes GPS-Gerät einen Kurs über Grund (auch Wegpunktnavigation) oder einen Kurs zum Wind per NMEA 0183 zur Verfügung stellt.

Überlegene Sensortechnik, überlegene Software

B-CALMXP ist ein AHRS-gestütztes System, (AHRS = Attitude and heading reference system) welches die Schiffslagedaten in allen drei Raumachsen in hoher Datenrate und Genauigkeit zur Verfügung stellt. Der „Extended Kalman-Filter“ des AHRS ist für den Betrieb auf Segelyachten optimiert. Querbeschleunigungen, Schleuderbewegungen, Stampfen, hartes Einsetzen, Surfs, etc... haben keinen Einfluß auf das Richtungssignal.

Dies ist ein entscheidender Vorteil gegenüber üblichen AP's mit kardanisch aufgehängtem Fluxgate-Kompass - bei höherpreisigen Geräten ergänzt durch einfachen Drehratensensor (Gyro-Sensor). Denn aus den präzisen, dreidimensionalen Schiffslage- und Bewegungsdaten ermittelt B-CALMXP, auf welchem Kurs zum Wind das Schiff sich befindet, von welcher Schiffsseite der Wind kommt, sowie die Periodizität der Bewegungen um die drei Raumachsen.

Alle diese Informationen hat ein Gerät mit einfachem Fluxgate-Kompass und/oder GPS und/oder zusätzlichem Gyrosensor NICHT zur Verfügung.

Auf Glattwasser werden Sie Ihren Steuer-Antriebsmotor beinahe nicht mehr wahrnehmen, da er nur noch alle 10 – 30 sek eine winzige Kurskorrektur vornimmt. Bei böigem Starkwind werden Sie das innovative Regelungsmodul zur Luvgierigkeitskorrektur schätzen lernen. Alle fünf Regler-Parameter lassen sich manuell einstellen, Parametersätze laden und speichern.

Getrimmt auf Energiesparen und Verschleißminimierung

B-CALMXP bleibt kühl. Auch bei Vollast. Er unterscheidet sich von herkömmlichen Yacht-Autopiloten ganz wesentlich dadurch, dass der Elektromotor des Steuerantriebes mit variabler Stromstärke angesteuert wird. Seine Maximalstromstärke erhält der Steuerantrieb nur dann, wenn größere,

schnellere Steuerausschläge zur Kurskorrektur erforderlich sind. Dies vermindert in hohem Maße den mechanischen Verschleiß, die Geräuschbelästigung und vor allem den Energiebedarf.

Ruderausschläge werden mit „On-The-Fly-Geschwindigkeitswechsel ausgeführt, so dass der Stellantrieb nicht wie bei herkömmlichen Kurscomputern gestoppt und wieder angefahren wird, sondern die Geschwindigkeit in den nächstniedrigeren oder höheren „Gang“ wechselt. Dies spart bei zeitlich überlappenden Ausschlägen in die gleiche Richtung, jedes Mal den Anfahr- und Bremsstrom.

Dank modernster DC-DC-Schaltreglertechnik mit über 85% Wirkungsgrad wird der kostbare Batteriestrom genutzt, statt in Wärme umgesetzt: Die Ruhestromaufnahme aus der 12-Volt-Schiffsbatterie beträgt nur 38 mA bei ausgeschalteter Displaybeleuchtung, 50 mA bei geringster, 90 mA bei höchster Beleuchtungsstufe. Die Elektronik läuft auf 5 bzw. 3,3 Volt und ist damit in hohem Maße ausfallsicher, auch bei schwächelnder Schiffsbatterie.

Offenes System

B-CALMPXP ist ein autark steuerndes System, verarbeitet jedoch auch NMEA0183 – Daten und kann so beispielsweise von einem externen GPS oder einem NMEA0183-Windgeber mit einem Sollkurs versorgt werden. Solch eine externe Kursreferenz unterliegt dabei im AHRS der gleichen Sensorfusion durch den extended Kalman Filter wie die interne Magnetometer-Referenz im Kompass-Modus. Damit bleiben alle Vorteile des Systems auch bei externer Kursreferenz erhalten, wenn GPS-Kurs oder Kurs zum Wind per NMEA0183 eingespeist werden. Optional kann ein eigenes GPS-Modul eingebaut werden.

Für einen zweiten Steuerstand lässt sich im Kurscomputer ein weiteres Display parallel anklemmen.

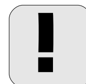
Installation

Führen Sie die Installation des Systems gemäß der separaten Installationsanleitung durch. Dort finden Sie Informationen zum Systemaufbau, -montage und -verkabelung. Die Installationsanleitung enthält eine Schritt-Für-Schritt Vorgehensweise zur Installation und Inbetriebnahme, die auch eine Überprüfung aller Systemkomponenten enthält. Weiterhin ist in der Installationsanleitung auch eine Übersicht über alle Menüs und Anzeigen enthalten.

Hinweise zur Nutzung dieser Bedienungsanleitung



Das links stehende Zeichen weist Sie auf Warnungen hin, die Sie zu einem sicheren Betrieb des Systems unbedingt beachten müssen.



B-CALMXP entbindet Sie nicht von der Notwendigkeit Ausguck zu gehen und die Arbeitsweise des Autopiloten zu kontrollieren. Trotz sorgfältiger Prüfung und Qualitätskontrolle kann es auch zu Fehlfunktionen eines Autopiloten-Systems kommen, beispielsweise beim Überfahren eines Gleichstrom – Unterwasserkabels oder durch elektrische Störungen im Bordnetz.

2. Einschalt-Selbsttest

Wen Sie das Gerät gemäß der separaten Installationsanleitung installiert haben, so verfügen Sie am Schaltpaneel Ihrer Yacht über einen Schalter für den B-CALMXP. Schalten Sie den B-CALMXP dort ein.

2.1. AHRS-Initialisierung

Der Autopilot befindet sich nach dem Einschalten im Standby-Modus.

Es erscheint die Einschalt-Anzeige mit Versionsnummer der BCALM-XP-Firmware sowie einem Hinweis, dass der AHRS-Subprozessor gestartet wird.

```
   B-CALMXP Ver25
 © HEISYSTEC 2012
4...AHRS subsys init
```

Es werden 4 Sekunden heruntergezählt, in denen das AHRS seine Sensoren initialisiert. Wenn nach 4 Sekunden das Display eine Sekunde lang wie folgt aussieht, funktioniert das AHRS und der Kurscomputer ordnungsgemäß:

```
   B-CALMXP Ver25
 © HEISYSTEC 2012
AHRS subsys running.
```

Danach wird die Version der AHRS-Firmware abgefragt und 1 Sek lang angezeigt:

```
   B-CALMXP Ver25
 © HEISYSTEC 2012
 HEISYSTEC AHRS v20
```

Falls nach der AHRS-Initialisierung stattdessen folgende Anzeige für 5 Sekunden erscheint, ist der Autopilot nicht betriebsbereit, weil keine Sensordaten vom AHRS-Sensor empfangen werden:

```
   B-CALMXP Ver25
 © HEISYSTEC 2012
ERROR: AHRS OFFLINE!
```

Prüfen Sie in diesem Fall die Kabelverbindung zwischen Kurscomputer und AHRS.

2.2. Rudersensor-Test

Nach der Initialisierung und Prüfung des AHRS erfolgt die Prüfung eines ggf. installierten Rudersensors. Falls ein defekter oder kein Rudersensor detektiert wird, wird dies angezeigt:

```
  B-CALMXP Ver25
© HEISYSTEC 2012
No Rudder Sensor !
```

Der B-CALMXP ist auch ohne Rudersensor betriebsbereit. Wenn Sie allerdings einen Rudersensor installiert haben, und er beim Einschalten nicht detektiert wird, so haben Sie womöglich Ruder hart Backbord gelegt. Legen Sie in diesem Fall Ruder mittschiffs und schalten Sie den B-CALMXP erneut ein.

Falls ein Rudersensor gefunden wird, so werden seine Kalibrierdaten aus dem AHRS geladen und in der untersten Zeile angezeigt, sofern er bereits kalibriert wurde:

```
  B-CALMXP Ver25
© HEISYSTEC 2012
Rudder Sensor ok.
Rudder MIN:  654
```

```
  B-CALMXP Ver25
© HEISYSTEC 2012
Rudder Sensor ok.
Rudder MAX:  3125
```

2.3. Display-Reset

Es kann in seltenen Fällen durch elektrische Störungen (Wackelkontakt an Kabelklemme, statische Aufladungen, Elmsfeuer, etc...) vorkommen, dass das LCD-Display seine Baudrate „vergisst“ und nach dem Einschalten nur unleserliche Zeichen auf dem Display auftauchen:

```
  $%&§$%$%&$xxxxxx
 |||||||||||"°°°"§!
```

Schalten Sie in solchem Fall den Autopiloten am Sicherungspaneel Ihrer Yacht aus, und warten sie 10 sek. Drücken sie danach den roten AP ON/STANDBY-Knopf am Display, und halten ihn während des Einschaltens sowie noch 30 Sekunden danach gedrückt. Dadurch wird im LCD-Display die korrekte Baudrate neu gesetzt.

Ein Micro-Poti zur Display-Kontrastjustage ist im Displaygehäuse zu finden. Die Displays sind jedoch werkseitig auf maximalen Kontrast von 10 – 30° C eingestellt.

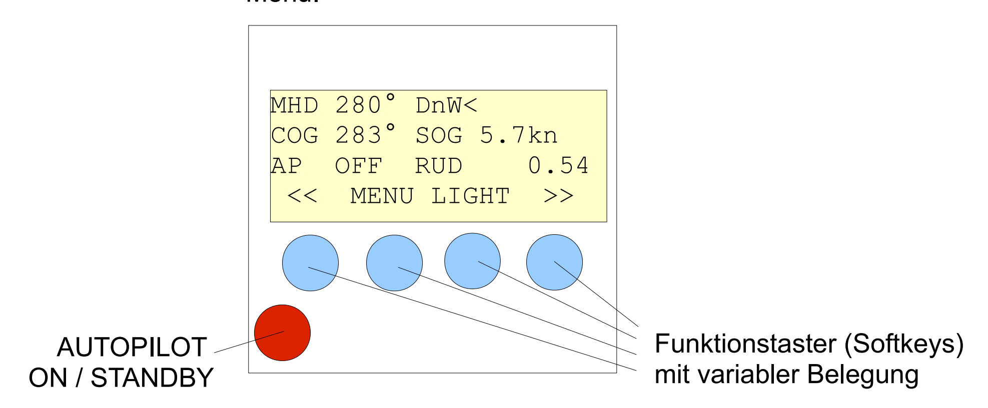
3. Bedienung

Im Wesentlichen werden Sie die Funktionen der Hauptanzeige benutzen: Autopilot aktivieren oder in Standby schalten, Beleuchtung ein-, heller oder ausschalten, den Sollkurs Grad- oder Zehngradweise ändern oder Wende auslösen. Diese grundsätzliche Bedienung wird im folgenden erläutert.

3.1. Drucktaster

Das Display hat 5 Drucktaster. Vier davon sind blau und direkt unterhalb der vierzeiligen LCD-Anzeige angeordnet und dienen als Funktionstaster für die in der untersten Zeile der Anzeige jeweils angegebenen Funktonen.

Der fünfte ist rot, leicht versetzt unterhalb angeordnet, und dient zum Aktivieren und Deaktivieren des Autopiloten. Der rote Autopilot / Standby – Drucktaster erfüllt seine Funktion unabhängig vom gerade angezeigten Menü.



Die Belegung der beiden äußeren Funktionstasten (<< Backbord / Steuerbord >>) unterscheidet sich je nachdem, ob sich das Gerät im Standby oder Autopilot-Modus befindet.

3.2. Hauptanzeige

Die Hauptanzeige gibt einen Überblick über die navigatorisch wichtigen Daten: Kompass-Kurs, Kurs zum Wind und Luvseite der Yacht, Ruderwinkel und Sollkurs. Wenn ein externes GPS an den NMEA 0183-Eingang angschlossen ist, werden auch der Kurs über Grund sowie die Geschwindigkeit über Grund angezeigt.

```
MHD 280° DnW<
COG 283° SOG   5.7kn
AP  OFF  RUD    0.54
 <<  MENU LIGHT  >>
```

Es bedeuten im einzelnen:

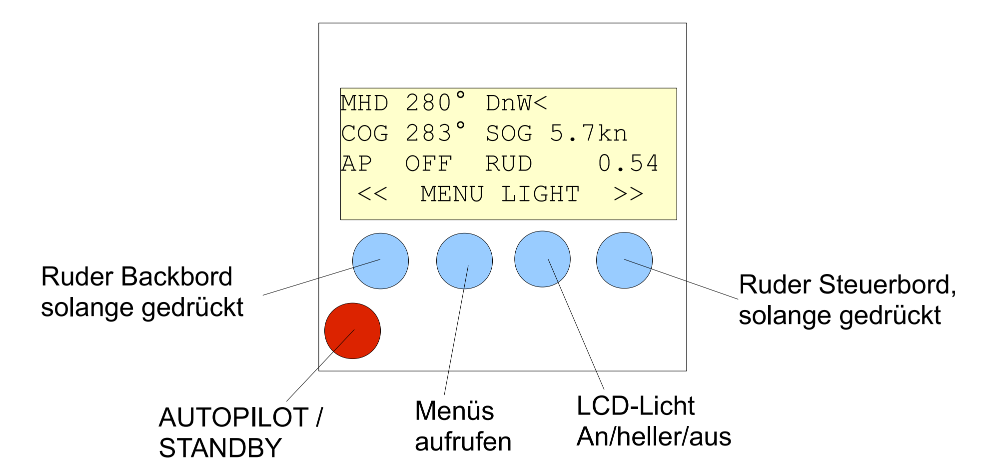
MHD 280°	aktueller Magnetkompasskurs (Magnetic heading)
DnW<	Kurs zum Wind und Luvseite der Yacht (im gezeigten Beispiel: Achterlicher Kurs (Downwind), Wind von Steuerbord)
COG 283°	aktueller Kurs über Grund (per NMEA 0183-Eingang von externem GPS erhalten)
SOG 5.7kn	Geschwindigkeit über Grund (per NMEA 0183-Eingang von externem GPS erhalten)
AP OFF	Autopilot im Standby-Modus
AP 285°	Autopilot - Sollkurs bei aktiviertem Autopilot
RUD 0.54	aktueller Ruderwinkel

In der untersten Zeile der Anzeige befindet sich die aktuelle Belegung der vier blauen Funtionstaster (Softkeys).

<<	Backbord (links) - Drucktaster
MENU	Wechseln zu den Anzeigen und Einstellungen
LIGHT	Displaybeleuchtung: An – heller (7 Stufen) – aus. Ein langer Druck (1 sek) schaltet die Beleuchtung sofort aus.
>>	Steuerbord (rechts) - Drucktaster

3.3. Standby

Der Autopilot befindet sich nach dem Einschalten im Standby-Modus.
Funktionen der Drucktaster im Standby-Modus:

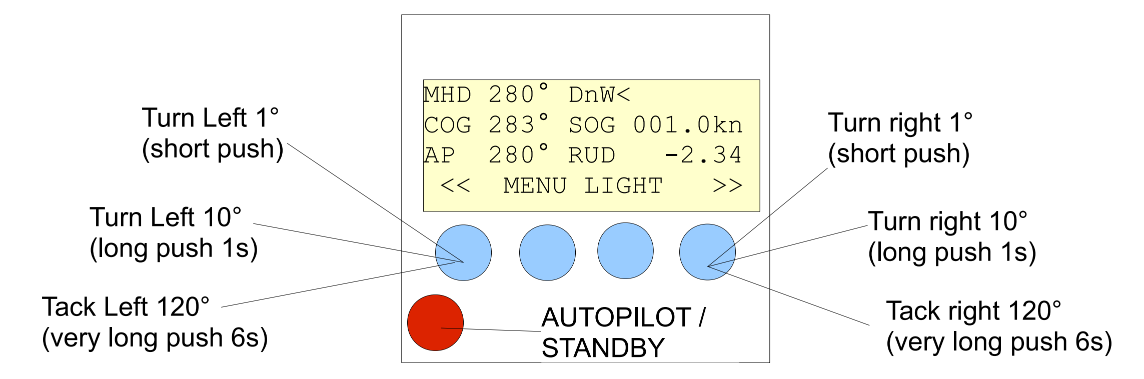


In der untersten Zeile steht die Funktions-Belegung der vier Drucktaster:

<<	Ruder Backbord, Stellmotor läuft, solange Taster gedrückt. Kupplung ist eingeschaltet, solange Taster gedrückt.
MENU	zu den Einstellungen und Anzeigen wechseln
LIGHT	Displaybeleuchtung: An – heller (7 Stufen) – aus. Ein langer Druck (1 sek) schaltet die Beleuchtung sofort aus.
>>	Ruder Steuerbord, Stellmotor läuft, solange Taster gedrückt. Kupplung ist eingeschaltet, solange Taster gedrückt

3.4. Autopilot aktivieren

Der Autopilot wird aktiviert / deaktiviert durch einen Druck auf den fünften roten Taster unterhalb der vier Funktionstaster (blau). Dieser Taster ist unabhängig von der Menüebene.



Die Belegung der beiden äußeren Funktionstaster (<<, >> bzw .Backbord, Steuerbord) unterscheidet sich bei aktiviertem Autopilot von derjenigen im Standby:

<<	Sollkursänderung nach backbord (links). Kurzer Druck: 1° Sollkursänderung nach BB (links) Langer Druck (1 sek): 10° Sollkursänderung Sehr langer Druck (6 sek): 120° Sollkursänderung zur Wende
MENU	zu den Einstellungen und Anzeigen wechseln
LIGHT	Displaybeleuchtung ein / heller / aus
>>	Sollkursänderung nach steuerbord (rechts). Kurzer Druck: 1° Sollkursänderung nach STB (rechts) Langer Druck (1 sek): 10° Sollkursänderung Sehr langer Druck (6 sek): 120° Sollkursänderung zur Wende

3.5. Autopilot - Modi

Es gibt 4 verschiedene Kursvorgabe-Modi, in denen der B-CALMXP betrieben werden kann. Über den im AHRS eingebauten 3-Achsen Magnetometer hinaus kann B-CALMXP auch mit einer externen Kursreferenz beschickt werden, die entweder von einem GPS oder einem Windgeber auf den NMEA 0183-Eingang des Kurscomputers gesendet werden.

Je nach AP_MODE verhält B-CALMXP sich bei der Aktivierung des Autopiloten etwas unterschiedlich:

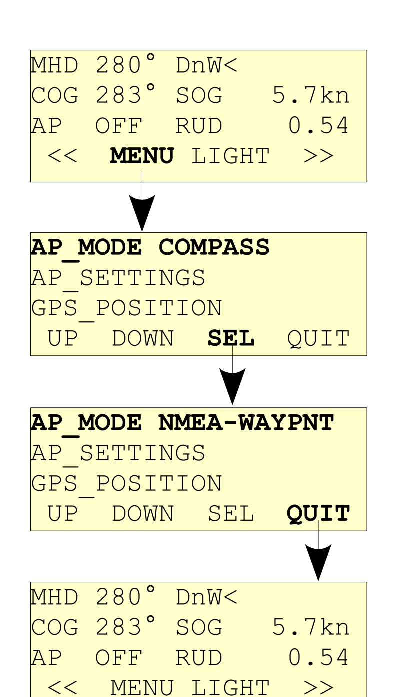
AP_MODE COMPASS: Bei der Aktivierung wird der augenblickliche Magnetkompasskurs (MHD) als Sollkurs übernommen, und rechts neben „AP“ auf der Hauptanzeige angezeigt. Der Kompassmodus kann auf Stahlyachten nicht genutzt werden.

AP_MODE NMEA-COG: Bei der Aktivierung wird der augenblickliche Kurs über Grund (COG) als Sollkurs übernommen und danach gesteuert. Nur mit externem GPS oder Plotter verfügbar.

AP_MODE NMEA-WAYPNT: Ab der Aktivierung wird der aktive Wegpunkt eines externen GPS oder Plotters angesteuert. Kommt die Yacht in den Ankunftsbereich des Wegpunkts, so wird Kurs beibehalten, bis ein neuer Wegpunkt vom GPS oder Plotter übermittelt wird.Nur mit externem GPS oder Plotter verfügbar.

AP_MODE NMEA-WIND: Bei der Aktivierung wird der aktuelle Kurs zum Wind als Sollkurs vorgegeben und eingehalten.Nur mit externem Windgeber verfügbar.

Der gewünschte AP_MODE lässt sich wie folgt einstellen:



Drücken Sie in der Hauptanzeige den MENU-Taster. Es erscheint eine rollbare Liste mit verfügbaren Untermenüs bzw. Einstellungen.

Die Markierung (blinkender Cursor) befindet sich auf der ersten Zeile, in der der aktuelle AP_MODE eingetragen ist.

Zum ändern drücken sie so oft den SEL-Taster, bis der gewünschte AP_MODE ausgewählt ist.

Mit QUIT gelangen Sie zurück zur Hauptanzeige.

Die Änderung des Autopilot-Modus wird gespeichert, so dass beim Einschalten der zuletzt benutzte AP_MODE wieder vorgewählt ist.

3.6. Einstellungen ändern

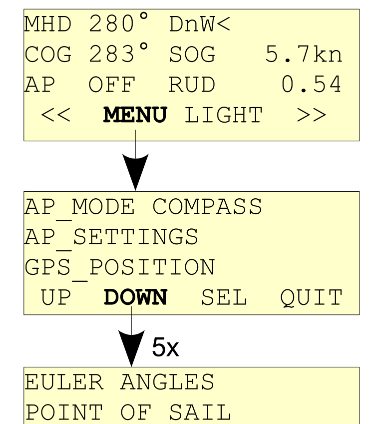
Die grundsätzliche Bedienung funktioniert so, dass man mit den UP /DOWN Tastern die Markierung in die gewünschte Zeile verschiebt. Längere Listen rollen dadurch weiter, wenn der untere oder obere Rand des Displays von der Markierung erreicht wird.

Ein Listenpunkt wird mit dem SEL-Taster aktiviert. Man kommt dadurch entweder in ein Untermenü, welches wieder eine Auswahlliste darstellt oder zur Eingabe eines Parameters.

Hat man einen Parameter zur Eingabe aktiviert, so springt die Cursor-Markierung auf die Zahl, die verändert werden soll. Nun verwendet man die UP / DOWN-Taster dazu, den Zahlenwert wie gewünscht zu ändern.

Danach SEL oder QUIT, um die Eingabe zu beenden und die Markierung wieder auf die Listenpunkt-Auswahl zu setzen.

Am linken Rand ist die Änderung der Baudrate des NMEA-Eingangs im Systemmenü als Beispiel wiedergegeben:

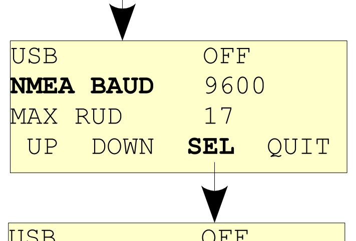



```
EULER ANGLES
POINT OF SAIL
SYSTEM
 UP  DOWN  SEL  QUIT
```

```
USB          OFF
NMEA BAUD    9600
MAX RUD      17
 UP  DOWN  SEL  QUIT
```

Ansicht Links: Systemmenü, erster Listeneintrag ist ausgewählt (USB)

Druck auf den Down Taster um Cursor auf nächsten Listeneintrag zu bewegen



zweiter Listeneintrag ist ausgewählt (NMEA-BAUD)

Druck auf SEL-Taster zur Anwahl der Zahleneingabe

```
USB          OFF
NMEA BAUD    9600
MAX RUD      17
 UP  DOWN  SEL  QUIT
```

Markierung springt zur Mitte vor die Zahl der Baud-Rate

DOWN-Taster drücken, um die Baudrate zu verringern

```
USB          OFF
NMEA BAUD    4800
MAX RUD      17
 UP  DOWN  SEL  QUIT
```

Neue Baudrate ist eingegeben.

QUIT sooft drücken, bis wieder die Hauptanzeige erscheint.

3.7. Autopilot - Parameter

Ihr B-CALMXP verfügt über drei Kursregelmodule, die Sie getrennt parametrieren können, einzeln in ihrer Rudermenge einstellen oder auch abschalten können. Damit sind Sie in der Lage, das von Ihnen gewünschte Verhältnis von kurzfristiger Kurstreue zu Energieverbrauch selber einzustellen. Im Folgenden eine zusammenfassende Erklärung dieser Kursregler. Details finden sich im Kapitel 4.2. AP_SETTINGS in der Menüreferenz.

Integrator:

Summiert eine Abweichung vom Sollkurs langsam auf, und setzt die Abweichung in einen Rudervorhalt um. Einstellbar ist der Ruderwinkel in Grad je aufsummierte Kursabweichung [Grad mal Minute]. Der Integrator hat eine sehr träge, langsame Charakteristik und eignet sich hervorragend für Situationen, in denen das Schiff richtungsstabil läuft, also auf Glattwasser und Amwind. Schnelle, wellenbedingte Kursabweichungen sowie Luvgierigkeit in Boen können durch den Integrator nicht ausgeregelt werden.

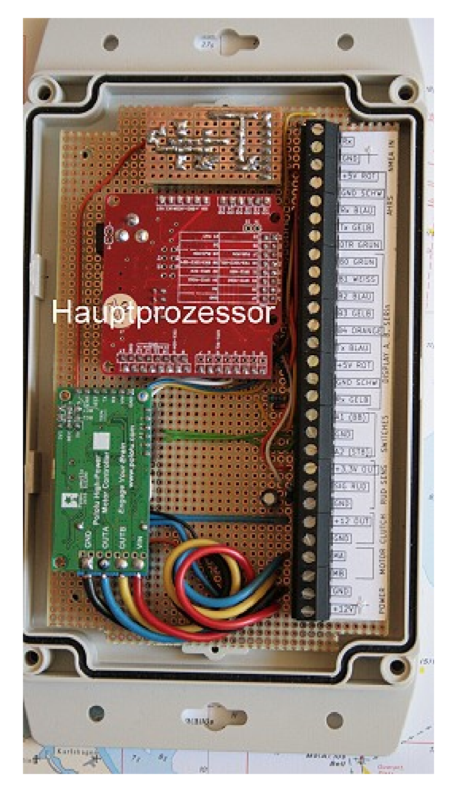
Proportionalregler:

Erzeugt einen der aktuellen Sollkursabweichung proportionalen Ruderwinkel. Einstellbar ist der Ruderwinkel je Sollkursabweichung, beide in Grad. Weiterhin ist ein Schwellwert einstellbar, ab welchem Kursfehler der Proportionalregler aktiv wird. Der Proportionalregler arbeitet nahzu ohne Verzögerung und kann kurzfristige, wellenbedingte Kursfehler ausgleichen. Allerdings arbeitet ein reiner Proportionalregler auf einer Segelyacht in den meisten Situationen übernervös und verbraucht viel Strom, wenn eigentlich nur ein Rudervorhalt gebraucht würde. Dieser unnötige Stromverbrauch und Verschleiß kann durch Erhöhung des Schwellwertes eingeschränkt werden.

Krängungsregler:

Der innovative Krängungsregler des B-CALMXP setzt eine Abweichung von einer mittleren Krängung der Yacht in eine proportionale Steueraktion um. Damit wird eine Luvgierigkeit bereits ausgesteuert, bevor eine Kursänderung aufgrund der erhöhten Krängung auftritt. Der Krängungsregler wird auch effektiv auf welligem Halbwindkurs eingesetzt, wenn das Heck auf der Wellenflanke versucht, auszubrechen. Auch der Krängungsregler hat eine Rudermenge, die proportional zur Krängungserhöhung- und verminderung ist. Weiterhin ist auch beim Krängungsregler ein Schwellwert eingebbar, ab dem die Regelung dieses Moduls aktiv wird.

3.8. Updates der Firmware



Ihr B-CALMXP ist ein sehr neues und junges System. Naturgemäß haben solche jungen Entwicklungen auch Kinderkrankheiten – manche Teile der Software sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht bis zur Perfektion und für jeden Schiffstyp und jede Wetter- und Seegangslage und Segelführung entwickelt.

Zur Zeit wird ein Update-Service per e-mail zur Verfügung gestellt: Bei Vorliegen einer neuen Version wird an registrierte Anwender eine mail mit Informationen über ein verfügbares Update und die ausgeführten Änderungen versandt. D.h.: Sie erhalten als Kunde Kenntniss per e-mail Rundbrief über verfügbare Änderungen und Verbesserungen der Firmware.

Da wir aktuell noch nicht in der Lage sind, per e-mail updates auf die Kurscomputer aufzuspielen, werden für Firmware-Updates die Hauptprozessorboards getauscht. Das ist ein einfacher Handgriff:

Kurscomputer aufschrauben, das rote, quadratische Board - ohne es dabei zu verkanten – an gegenüberliegenden Ecken fassen, und von seinem Steckplatz von der Klemmenplatine abziehen. Dann per Post an den Hersteller senden, aktuell:

Dr. Joern Heinrich
UL. TARNOPOLSKA 1B/4
78-106 KOLOBRZEG
POLEN

Ein antistatischer Versandbeutel ist dazu Bestandteil des B-CALMXP Lieferumfanges.

Die gesamten Kalibrier – und Nutzerdaten des Systems werden im AHRS gespeichert, so dass ein Tausch des Hauptprozessorboards nichts an allen Anwender-Einstellungen und Kalibrierungen verändert.

Wenn Sie zum Kundenkreis gehören, und Release einer neuen Firmware per E-mail-Rundbrief erfahren, senden Sie bitte kurz eine mail mit dem Betreff „B-CALM-XP-Firmware-Update“ und Updatewunsch, und senden Ihr Hauptprozessor -Board im Antistatik-Beutel einem normalen dicken, gefütterten Postumschlag als Brief zu.

Sie erhalten ohne Verzug gleichzeitig ein identisches, frisches Hauptprozessorboard mit der neuen Firmware zugesandt. Wenn aktuell keine Hauptprozessorboards verfügbar sein sollten, erhalten Sie in der Release-Mail kurzfristig Kenntniss davon, so dass Sie den Versand Ihres alten Boards verzögern können, bis wieder genügend Update-Boards zur Verfügung stehen.

Kunden, bei denen kein Eingang des alten Boards in angemessener Zeit (14 Tage nach unserem Versand) oder eine plausiblen Erklärung für dessen Ausbleiben festgestellt wird, werden vom Firmware-Update-Service zukünftig ausgeschlossen.

Die Portokosten beider Versande gehen zu Lasten des Kunden, für jedes Update wird eine moderate Update-Gebühr fällig, die sich nach Art und Umfang des Updates richtet.

3.9. Lebensdauer der Komponenten

Die Lebensdauer des **LCD(Beleuchtung)** soll laut Herstellerangaben mehr als 20.000h bei voller Beleuchtungsstärke betragen. Indem Sie tagsüber die Beleuchtung abschalten, verlängern Sie die Nutzungsdauer. Der Prozessor des LCD verfügt über einen EEPROM-Speicher, in dem er seine aktuelle Beleuchtungsstärke sowie die Baudrate speichert. EEPROM's haben eine begrenzte Nutzungsdauer von ca 100.000 Schreibzugriffen.

Wir gehen momentan davon aus, das das LCD bei jeder Änderung der Beleuchtungsstärke den entsprechenden Wert in sein EEPROM übernimmt, also hier ca 100.000 mal die Beleuchtungsstärke geändert werden kann, bevor ein Ausfall stattfindet.

Die LOW-ESR-Elko's des Schaltnetzteils im Kurscomputer haben eine Spezifikation bei Vollast und 105°C Betriebstemperatur von 2000 Stunden Lebensdauer. Allerdings erwärmen sich diese Bauteile wegen großzügiger Überdimensionierung (Laut Datenblatt für 555 mA ausgelegt, betrieben bei 40 – 140 mA) nicht merklich über die Umgebungstemperatur. Bei einer 100kHz-Impedanz von 0,12 Ohm ergibt sich ein Spannungsabfall von nur 18 Millivolt und eine Wärmeleistung von 0.003 Watt. Man rechnet mit je 10° Temperaturverminderung mit einer Verdoppelung der Lebensdauer. Das hieße also demnach für schon hoch gegriffene 45° Bauteiltemperatur 120000 Stunden Lebensdauer. Diese beiden Elkos (Elektrolytkondensatoren) sollten also zur Sicherheit nach etwa 10 Jahren einmal getauscht werden, weil dann die „belastungsfreie“ Alterung langsam in den Bereich der Raumtemperatur kommt. Das Netzteilmodul ist separat auf die Klemmenplatine aufgesteckt.

Das EEPROM des AHRS unterliegt unser eigenen Firmware-Kontrolle. Dort werden die Kalibrier- und Betriebsdaten festgehalten:

- Sensorkalibirerwerte für Accelerometer, Gyrometer, Magnetometer,

- Systemkalibrierwerte für Antriebsgeschwindigkeiten

- Rudersensorkalibrierung.

Alle Kalibrierwerte werden nur bei der Kalibrierung geschrieben.

Weiterhin werden bei Änderung über die entsprechenden Menüs geschrieben:

- NMEA-Baudrate

- AP-Modus

- AP-Parameter, doch nur wenn die Option SAVE (0-5) des AP-SETTINGS-Menüs benutzt wird.

Die maximale Zahl an möglichen Schreibvorgängen (ebenfalls 100.000) sollte hierbei nach menschlichem Ermessen während der mechanisch-elektronischen Lebensdauer der Hardware nie erreicht werden.

Eine irgendwie geartete Zeitlimitierung in der Firmware existiert NICHT. Beim Einschalten wird nur aus den EEPROM's gelesen, jedoch nichts dabei gespeichert.

Damit sind Überspannungen im Bordnetz durch statische Aufladung (Elmsfeuer / Blitz-Naheinschlag), Fehler am Laderegler der Lichtmaschine oder Akku-Ladegeräten, durch defekte Schutzdioden an induktiven Lasten

wie Kühlschränken o.ä. die wahrscheinlichste Ausfallquelle für B-CALMXP, wenn man Korrosion an den Platinen durch kondensierende Feuchtigkeit oder Salzwassernebel einmal ausschließt.

Obwohl im System sehr erfolgreiche, damit weit verbreitete, und gleichzeitig sehr aktuelle Standard-Boards verwendet wurden, ist die Lieferbarkeit von direkten Ersatzkomponenten über einen Zeitraum von 5 Jahren hinaus nicht unbedingt gewährleistet.

Dennoch ist es durch den modularen Aufbau sehr wahrscheinlich, dass zumindest kompatible Komponenten mit einer geringen Firmwareanpassung als Ersatz auch über den genannten Zeitraum hinaus bereitgestellt werden können, da die Software sowohl für das AHRS als auch die Hauptcontrollersoftware leicht auf eine veränderte Prozessor-Plattform mit grundlegend gleichen Eigenschaften portierbar sind.

4. Anzeigen und Einstellungen (MENU)

Nach Betätigung von MENU in der Hauptanzeige erscheint die Menüoptionen-Auswahlliste. Der erste Buchstabe in der gerade ausgewählten Zeile blinkt. Es sind jeweils nur drei Einträge der gesamten Liste sichtbar:

```
AP_MODE COMPASS
AP_SETTINGS
GPS_POSITION
EULER ANGLES
POINT OF SAIL
SYSTEM
CALIBRATION
 UP   DOWN   SEL   QUIT
```

AP_MODE:	Autopilot-Kursvorgabequelle: COMPASS, NMEA-COG, NMEA-WAYPNT, NMEA-WIND
AP_SETTINGS:	Autopilot-Einstellungen
GPS_POSITION:	aktuelle Position aus NMEA183-Eingang
EULER ANGLES:	aktuelle Roll- Neig- und Gierwinkel und deren Perioden
POINT OF SAIL:	aktuelle Kurs-zum-Wind Wahrscheinlichkeiten
SYSTEM:	Systemeinstellungen, Diagnosetools
CALIBRATION:	AHRS-, Stellmotor-, Ruderlagesensor-Kalibrierung.

UP   DOWN   SEL   QUIT : Aktuelle Drucktasterbelegung

Mit UP / DOWN wird die Auswahlmarkierung nach oben oder unten verschoben, wird der untere Rand erreicht, rollt die Liste weiter.

Mit SEL wird das ausgewählte Untermenü aufgerufen, oder eine Eingabe bestätigt

Mit QUIT kommt man eine Ebene zurück, von den Menüoptionen also wieder zur Hauptanzeige.

4.1. AP_Mode

```
AP_MODE COMPASS
```
```
AP_MODE NMEA-COG
```
```
AP_MODE NMEA-WAYPNT
```
```
AP_MODE NMEA-WIND
```

Betätigung von SEL ändert die Kursvorgabequelle des Autopiloten und schaltet um zwischen den nebenstehend angegebenen AP-Modi. Für die NMEA-Modi muss an den Kurscomputer ein entsprechender externer NMEA0183-Geber (GPS, Plotter, NMEA-Multiplexer, NMEA183-Windgeber) angeklemmt sein.

Bei der Standardeinstellung COMPASS wird der Magnetometer des AHRS als Nord-Richtungsnormal verwendet.

4.2. AP_SETTINGS

AP_SETTINGS öffnet das Untermenü mit den Kursregler-Einstellungen. Auch hier wird mit UP / DOWN die Markierung auf die gewünschte Zeile verschoben. Mit SEL wird ein Parameter ausgewählt, dann mit UP / DOWN der Parameterwert vergrößert und verkleinert, mit QUIT die Eingabe abgeschlossen.

Ein erneutes QUIT kehrt zurück zur Menü-Übersicht.

```
AUTOMAT ON/OFF
INTEG     0.4   2.59
PROP      0.8   0.00
PROP-THR 4
WHLM      0.2   0.00
WHLM-THR 5
PREDICT  0.0    0.00
PRED-THR 0
LOAD 1-5
SAVE 1-5
 UP  DOWN  SEL  QUIT
```

Integrator, Rudermenge und aktueller Ruderwinkelbeitrag

Proportionalregler, Rudermenge und aktueller Ruderwinkelbeitrag

Krängungsregler, Rudermenge und aktueller Ruderwinkelbeitrag

(Für zukünftige Erweiterungen vorgesehen)

Der B-CALMXP Autopilot ist ein nichtlinearer Proportional -Integralkursregler mit einem zusätzlichen, Segelyacht-spezifischen Regelmodul. Dieses neuartige Regelmodule ist:

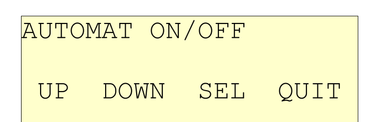
- Krängungsregler (WHLM), der hilft, eine Luvgierigkeit in Boen auf der Basis der Rollbewegung schnell auszusteuern, noch bevor eine Kursabweichung eintritt

Die „Rudermenge“ ist einzeln einzugeben für die verschiedenen Reglermodule, die sich damit je nach Gusto auch komplett abschalten lassen. Alle Ruderwinkelbeiträge werden summiert und auf den Motorcontroller gegeben.

Alle Kursregelungsmodule ausser dem Integrator haben einen einstellbaren Schwellwert („REGLER“-THR), ab dem das jeweilige Modul erst aktiv wird. Damit verhindert man unnötige Steuerbewegungen in Situationen, in denen ein reines Halten des Ruders völlig ausreichend ist.

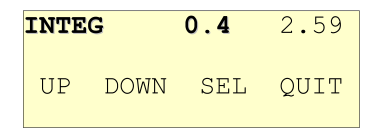
Damit ist der B-CALMXP Autopilot sehr präzise auf die Schiffseigenschaften und den gewünschten „Steuerungsstil“ einzustellen. Beispielsweise wird man mit den oben gezeigten Einstellungen bei ruhigem Wetter fast ausschließlich mit dem Integrator segeln. Der summiert die Kursabweichung die gesamte Zeit auf, und wird beispielsweise am Wind auf Glattwasser nur ca. alle 30 sec das Ruder um einen winzigen Betrag verstellen und ansonsten nach etwa 1-5 min auf dem richtigen Rudervorhalt stehen.

Im Folgenden werden die Funktionen der Kurs-Regelmodule sowie die weiteren Menüoptionen beschrieben.



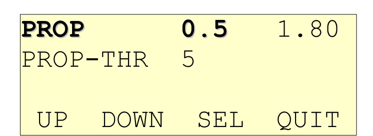
4.2.1. Automatik

Automatische Anpassung der Regler-Parameter an Seegang und Kurs zum Wind. Die Automatik wird mit SEL ein- und ausgeschaltet. Ist sie ausgeschaltet, so werden die Parameter des Autopiloten so beibehalten, wie sie sind oder vom Anwender manuell modifiziert werden. Wird sie eingeschaltet, so geht die Steuerung vom aktuellen Parametersatz aus, und modifiziert diesen bei einer Änderung des Kurses zum Wind und des Seegangs oder mittleren Kursabweichung nach einer internen Heuristik.
HINWEIS: in der aktuellen Firmwareversion v29 ist die Automatik noch nicht nutzbar und Gegenstand eines Updates.



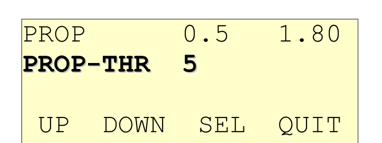
4.2.2. Integrator

Die Basis für geringste Langzeit-Abweichung vom Sollkurs ist ein Integrator. Hier wird die momentane Abweichung vom Sollkurs über die Zeit aufsummiert und in einen Rudervorhalt umgesetzt. Die Eingabe des Integrator-Faktors bestimmt in Grad pro Minute, wieviel Ruderwinkel je aufsummierter Kursabweichung (Grad mal Minute) gelegt wird. Vernünftige Werte sind im Bereich von 0.3 etwa bis 3.
Rechts neben der „Rudermenge" wird der aktuelle Ruderwinkelbeitrag in Grad angezeigt.



4.2.3. Proportionalregler

Der Proportionalregler legt einen Ruderwinkel, der proportional zur aktuellen Kursabweichung ist, und steuert damit kurzfristige, Wind- oder wellenbedingte Kursabweichungen aus. Eingegeben wird der der vom Stellmotor einzustellende Ruderwinkel je Grad Kursabweichung. Im gezeigten Beispiel, PROP = 0.5, werden bei 2° Kursabweichung 1° Ruder gelegt. Vernünftige Werte liegen, je nach Wendigkeit der Yacht, zwischen 0.2 und 2.
Rechts neben der „Rudermenge" wird der aktuelle Anteil am Ruderwinkel in Grad angezeigt (Beispiel: 1.80°).



Weil viele Bewegungen der Yacht rhytmisch sind, und bei festgehaltenem Ruder nicht oder nur langsam zu einer Kursabweichung führen, ist ein reiner Proportionalregler für eine Segelyacht viel zu nervös. Solcher hält den Stellmotor immer in Bewegung: Verschleiß, Geräuschbelästigung und unnötig hoher Stromverbrauch sind die Folge.
Daher ist bei B-CALMXP ein Schwellwert (Threshhold) der Kursabweichung eingebbar, oberhalb der die Proportionalregelung erst aktiv wird.
Im gezeigten Beispiel ist PROP_THR = 5°. Daher beträgt die Abweichung vom Sollkurs im Beispiel: 3.6° + 5° = 8.6°
Wird der Schwellwert niedrig eingestellt, so werden auch geringe Kursabweichungen sofort ausgesteuert, wird er höher eingestellt, so werden erst größere Kursabweichungen ausgeregelt – und den Rest macht der Rudervorhalt des Integrators.
Mit PROP-THR lässt sich also in weitem Bereich das Verhältnis von Verschleiss, Stromverbrauch und Lärm zu kurzfristiger Kurstreue dem persönlichen Geschmack anpassen.

4.2.4. Krängungsregler

WHLM steht abgekürzt für das englische Wort „Weatherhelm“, zu deutsch Luvgierigkeit. Bekanntermaßen, wenn das Schiff sich auf die Backe legt in einer Boe, schießt es kurz darauf in den Wind – oder tendiert dazu, wenn man nicht gegensteuert.
Genauso bekanntermaßen, wenn auf Halbwind eine See das Schiff krängt, dreht das Schiff den Bug gegen die Welle. Auf raumem Kurs: Das Schiff will bei Zunahme der Krängung querschlagen.
Abhilfe schaffen hier die Rolldaten vom AHRS. Mit der Einführung der krängungsabhängigen Steuerung hat B-CALMXP einen enormen Vorteil, und steuert bei plötzlicher, schneller Zunahme der Krängung gegen. BEVOR die Kursabweichung eintritt. Dieser Steuerungsanteil hat für Einrumpfsegelyachten größere Bedeutung als für Multihulls.

```
WHLM        0.5   2.10
WHLM-THR    3

 UP  DOWN   SEL   QUIT
```

Eingegeben wird bei WHLM der gewünschte Ruderwinkel je Grad Krängungszunahme. Beispiel: WHLM = 0.5 bedeutet: Je 2° Krängungszunahme wird ein Gegenruder von 1° gelegt.
Rechts daneben wird der aktuelle Krängungs-Gegenruderanteil angezeigt (Im Beispiel: 2.10°)

```
WHLM        0.5   2.10
WHLM-THR    3

 UP  DOWN   SEL   QUIT
```

Ebenso wie für den Proportionalregler gilt, dass der Krängungsregler ohne einen zugehörigen Schwellwert, ab dem die Steuerung damit erst einsetzt, unnötig nervös arbeiten würde.
Bei WHLM-THR = 3 wird Gegenruder erst ab Kängungszunahme von 3° erzeugt.
Ist das Schiff stärker luvgierig, so kann man diesen Wert verringern. Der B-CALMXP wird dann frühzeitiger gegensteuern.

4.2.6. Speichern und Laden von Parametern

```
LOAD 1-5    1
SAVE 1-5    1

 UP  DOWN   SEL   QUIT
```

Komplette AP-Parametersätze lassen sich zum bequemen Einstellen des AP's speichern und wieder laden. Ist die Zeilenauswahl auf LOAD oder SAVE, so wird der entsprechende Vorgang „laden“ oder „speichern“ mit SEL ausgewählt. Mit UP /DOWN wird einer der Speicherplätze 1 bis 5 ausgewählt, mit SEL der aktuelle Parametersatz dort gespeichert oder von dort geladen.
Beispielsweise kann man hier seegangsgerechte Parametersätze hinterlegen, die dann mit einem Knopfdruck geladen sind.

Es wird beim Einschalten der in Speicherplatz Null (0) gespeicherte Datensatz geladen.

```
 54°11.4349'N SAT 07
015°39.8931'W DGPS
ALT  5.3M  HOD 1.73
                QUIT
```

4.3. GPS POSITION

Die GPS-Positionsanzeige benötigt entweder ein externes GPS-Gerät am NMEA183-Eingang oder ein optional erhältliches internes GPS-Modul.

Angezeigt wird hier Länge und Breite in Grad, Minuten, Minutenbruchteilen, die Anzahl der Satelliten, die der Empfänger auswertet, ob er eine Signal hat, oder nicht (NO FIX, GPS, DGPS), die Höhe über Null in Metern, die Horizontal Dilution (HOD), ein Maß für den Positionsfehler.

```
RL   PI   YAWG YAWM
0    1    266  267
3.6  8.1  8.2  7.9
                QUIT
```

4.4. Lagedaten(EULER ANGLES)

Nach Anwahl des Menüpunktes EULER ANGLES werden die Lagedaten der Yacht angezeigt (siehe links). Die Euler-Winkel beschreiben die Lage der Yacht in den drei Raumachsen. Es sind der Rollwinkel (Krängung, RL), der Neigungswinkel der Schiffslängsachse gegen den Horizont (Pitch, PI), der Magnetkompasskurs (YAWM) und die gegen Rauschen des Magnetometer per Sensorfusion gefilterte, stabilisierte Magnetnordrichtung (YAWG).

Unterhalb der aktuellen Winkel ist die Periode der Winkelveränderung angegeben. Die Periode bezeichnet die Zeit in Sekunden zwischen einem Maximum des entsprechenden Winkels und dem Nächsten Maximum, also von Wellenberg zu Wellenberg.

Die Rollbewegung erfolgt zumeist - zwar angeregt durch Welleneinfluß - jedoch im Rhythmus des Mast-Kielpendels. Der Welleneinfluss und damit die scheinbare Wellenperiode ist eher sichtbar an der Pitch-Periode und damit zusammenhängend der Periode der Kursschwankungen.

Nähern sich beispielsweise die Scheitelpunkte von Roll- und Pitchbewegung bei unterschiedlicher Periode einander an, so ist durch Überlagerung bei Zusammentreffen der Maxima mit einer größeren Kursabweichung zu rechnen.

4.5. Kurs zum Wind (POINT OF SAIL)

```
ClH  BmR  BrR  DnW
2    4    3    90

                QUIT
```

Nach Aktivierung des Menüpunktes POINT OF SAIL werden die Wahrscheinlichkeiten in Prozent für die unterschiedlichen Kurse zum Wind angezeigt. Der Kurs zum Wind mit der größten Wahrscheinlichkeit wird dann auf der Hauptanzeige ausgegeben.

Es bedeuten:

ClH	(Close Hauled)	Hoch am Wind
BmR	(Beam Reach)	Halbwind
BrR	(Broad Reach	Raumschot
DnW	(Downwind)	Achterlicher Wind

Auf der Hauptansicht wird zusätzlich noch die Luvseite der Yacht ausgegeben:

BmR<	Halbwind, Wind von Steuerbord
>BmR	Halbwind, Wind von Backbord

Es kann nach einer Änderung des Kurses zum Wind je nach Bedingungen etwa 2 min dauern bis der neue Kurs erkannt wird.

Unter extremen Bedingungen des Seeganges (Glattwasser / rauhe See) und des Windes sowie unter Maschine ist diese Anzeige in ihrer Aussagekraft eingeschränkt.

4.6. Systemeinstellungen (SYSTEM)

```
USB          OFF
NMEA BAUD    9600
MAX RUD      17
MIN SPD      6
 UP  DOWN  SEL  QUIT
```

Unter System finden sich Service- und Hilfsroutinen sowie grundsätzliche Einstellungen, wie beispielsweise die NMEA-Baudrate zum Empfang der GPS-Daten. Mit UP / DOWN wird ein Unterpunkt angewählt, mit SEL die Eingabe aktiviert bzw, die Unterfunktion ausgelöst.

USB: Aktiviert / deaktiviert die USB-Verbindung des Hauptcontrollers zu einem PC. Ist nach dem Einschalten deaktivert. Wird die USB-Verbindung des Hauptcontrollers zu einem PC aktivert, so reagiert der Autopilot nach kurzer Zeit verzögert und ist damit nur noch bedingt einsatztauglich. Sollen die PC-Diagnose- und Steuerkommandos eingesetzt werden, so muss auf dem angeschlossenen PC zunächst der USB-Treiber für den Hauptcontroller installiert sein (siehe Kapitel: erweiterte Diagnose- und Kontrollfunktionen)

NMEA BAUD: Legt die Baudrate des NMEA-Empfängers fest

MAX RUD: Ruderwinkel von Mittschiffs bis Stellantriebs-Endanschlag – also halber vom Stellantrieb insgesamt überstrichener Ruderwinkel.

MIN SPD: minimale Stromstärke des Stellantriebes. Es bedeuten:

Eingabe	minimaler Strom in % des Motor-Nennstromes
6	18%
5	25%
4	35%
3	50%
2	62%
1	81%

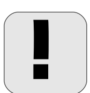
Steuerbewegungen werden generell so berechnet, dass zunächst von der geringstmöglichen, langsamsten Ruderbewegung ausgegangen wird.

B-CALMXP versorgt den Motor nur dann mit seinem vollen Nennstrom, wenn große, schnelle Ruderausschläge erforderlich sind. Bei einem Antrieb, der mit den kleinsten marktgängigen Pinnenpiloten vergleichbar ist, und leichtgängiger Pinnensteuerung reichen für ruhiges Wetter 18% des Nennstromes von 1 Ampere.

Da B-CALMXP über einen modernen PWM-Motorcontroller verfügt, wird der Strom in Prozent des Vollast-Stroms abgegeben. Falls der Stellmotor etwas schwachbrüstig ist, und auf der niedrigsten Stufe das Ruder nicht bewegt, so kann man diesen Wert um eine oder zwei Stufen heraufsetzen, falls man zu sehr verzögerte Steuerung um die Nullage bemerkt. (Proportional-Threshold zum Testen auf Null setzen).

Ruderausschläge werden mit on-the-Fly-Geschwindigkeitswechsel ausgeführt, so dass der Stellantrieb nicht wie bei herkömmlichen Kurscomputern gestoppt und wieder angefahren wird, sondern die Geschwindigkeit in den nächstniedrigeren oder höheren Gang wechselt. Dies spart bei zeitlich überlappenden Ausschlägen in die gleiche Richtung, die kurz nacheinander ausgelöst werden, jedes Mal den Anfahr- und Bremsstrom.

4.7. Kalibrierroutinen (CALIBRATION)



Die AHRS-Sensoren Gyrometer und Accelerometer müssen üblicherweise NICHT nachkalibriert werden.

Es ist, wenn überhaupt, gegebenenfalls nur eine Magnetometer-Nachkalibrierung dicht am/beim Montageort des Sensors vorzunehmen, falls Sie größere Eisenteile (Gusskiel, Stahl-Kielschwert) am Schiff haben oder feststellen, dass die GPS-Kurse oder Kompasskurse stark von der Anzeige des Autopiloten abweichen.

Sowohl für die Kalibrierung des Magnetometers als auch des Accelerometers muss das AHRS in die Hand genommen, also vom Schott abgenommen werden, und dabei gleichzeitig die Anzeige beobachtet werden. Falls das Magnetometer nachkalibiriert wird, muss dies am/beim Ort der Montage erfolgen. Für die Kalibrierung des Accelerometers braucht man eine sehr ruhige Hand.

```
CALIB GYRO COLD
CALIB GYRO WARM
CALIB ACCELEROMETER
CALIB MAGNETOMETER
CALIB AP MOTOR DRIVE
CALIB RUDDER SENSOR
 UP  DOWN  SEL  QUIT
```

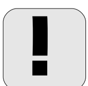
Der Stellantrieb sowie ein Ruderlagesensor muss bei der Erst-Inbetriebnahme kalibriert werden. Für die Geschwindigkeitskalibrierung des Linearantriebs, Hydraulikantriebs oder Tillerpiloten wird dabei der Ruderweg mehrfach komplett Hart / Hart mit unterschiedlichen Stellmotorgeschwindigkeiten abgefahren.

Voraussetzungen für die verschiedenen Kalibrierungen:

- Gyrometer – Kaltkalib.: Sensor-Temperatur 5°C bis max 15°C, ruhendes Schiff notwendig
- Gyrometer – Warmkalib.: Sensor-Temperatur min. 25°C , ruhendes Schiff notwendig
- Accelerometer-Kalib: sehr ruhige Hand, Sicht aufs Display notwendig, abmontierter AHRS-Sensor.
- Magnetometer – Kalib: Display-Sicht, abmontierter AHRS-sensor
- Stellmotor-Geschwindigkeitskalibrierung: Verfahrweg-Endschalter müssen montiert sein
- Rudersensor-Endpunktkalibrierung: Verfahrweg-Endschalter müssen montiert sein, Rudersensor muss montiert und angeklemmt sein.

4.7.1. Gyrometer-Kalibrierung

Empfindliche, präzise MMES-Gyrosensoren haben eine hohe Abhängigkeit der Drift und Nullage von der Temperatur. Der Gyrometerchip wird daher bei zwei unterschiedlichen Temperaturen kalibriert, da seine Daten AHRS-intern Zweipunkt-Temperaturkompensiert werden. Die Differenz der beiden Kalibrierpunkte sollte günstigenfalls 10° bis 20°C betragen, und den häufigsten Temperaturbereich abdecken. Da der Gyrometer werksseitig bei 12° und 28°kalibriert ist, ist von einer erneuten Kalibrierung abzusehen, es sei denn, es zeigt sich eine starkte Drift in den AHRS-Rohdaten (Nach starkem Stoß durch Fallenlassen oder dagegenschlagen beispielweise).



WICHTIG: Das Schiff muss zur Kalibrierung des 3-Achsen-Gyrosensors absolut ruhig liegen, wenn es sich auch nur ganz leise an den Festmachern stetig in eine Richtung bewegt, ist die Kalibrierung dadurch sicherlich schlechter als der vorherige Zustand.

Die Kalibrierung selber dauert 25 sec, wobei die X,Y, Z-Drehraten gemessen und gemittelt werden.

Gyrometer-Kaltkalibrierung:

Kühlen Sie den Sensor ab auf etwa 10 -15°C (Kühlschrank, Kühlpackung, NICHT untertauchen, das Gehäuse ist NICHT wasserdicht).

Wählen Sie im Kalibriermenü CALIB GYRO COLD.

```
Do not move sensor.
Proceed only beyond
20°C. Temp.: 12,66
           SEL  QUIT
```

Es erscheint der nebenstehende Warntext, gemeinsam mit einer Anzeige der aktuellen Temperatur des Gyrometer-Chips.

Sorgen Sie dafür, dass der Sensor in den nächsten 25 sek nicht bewegt wird.

SEL führt die 25s-Kalibrierung aus. Nach der Kalibrierung werden die Kaltkalibrierdaten gespeichert, und die Anzeige kehrt ins Kalibriermenü zurück.
QUIT beendet ohne Kalibrierung, und kehrt zum Kalibriermenü zurück.

Gyrometer-Warmkalibrierung:

Erwären Sie den Sensor auf ca 25 bis 30° (Föhn, Körpertemperatur, Sonneneinstrahlung).

Wählen Sie im Kalibriermenü: CALIB GYRO WARM

```
Do not move sensor.
Proceed only above
25°C. Temp.: 31,18
           SEL  QUIT
```

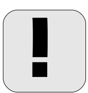
Es erscheint der nebenstehende Warntext, gemeinsam mit einer Anzeige der aktuellen Temperatur des Gyrometer-chips.

Sorgen Sie dafür, dass der Sensor in den nächsten 25 sek nicht bewegt wird.

SEL führt die 25s-Kalibrierung aus. Nach der Kalibrierung werden die Warmkalibrierdaten gespeichert, und die Anzeige kehrt ins Kalibriermenü zurück.
QUIT beendet ohne Kalibrierung, und kehrt zum Kalibriermenü zurück.

4.7.2. Accelerometer-Kalibrierung

Das 3-Achsen Accelerometer des AHRS wird kalibriert, indem das AHRS-Gehäuse mit sehr ruhiger Hand, am besten aufgelegt auf Schaumstoffunterlage senkrecht in alle Achsen-Endstellungen gedreht wird. Das heißt, wenn das Gehäuse würfelförmig wäre, muss das AHRS auf allen Flächen des Würfels gelegen haben. Das Problem hierbei ist, dass die kleinste Vibration oder Muskelzittern oder ein aufstuppen auf einem Tisch sofort den zu ermittelnden Achsenendwert viel zu groß macht. Am Besten kippen Sie den Sensor, über die auf einem Tisch aufliegenden Gehäusekanten, behutsam und langsam mit den Flächen in die Senkrechte und halten ihn dann ein paar Sekunden in dieser Position. Steht der Sensor dagegen auf einer Ecke, so wird die Kalibrierung in dieser Stellung durch kleine Erschütterungen nicht beeinträchtigt.



HINWEIS: Üblicherweise ist eine Kalibrierung des Accelerometers nach der Werkskalibrierung nicht notwendig.

```
Turn sensor in all 3
axles vertically to
its min / max value
          SEL   QUIT
```

Wählen Sie zur Kalibrierung im Kalibriermenü: CALIB ACCELEROMETER
Es erscheint der nebenstehende Hinweistext.
QUIT: Die Accelerometer-Kalibrierung wird nicht ausgeführt, Rückkehr ins Hauptmenü

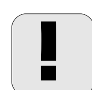
SEL: Die Accelerometer-Kalibrierung wird ausgeführt, es erscheinen für X,Y, Z-Achse fortlaufend ermittelte Min-/Maxwerte.

	X-Achse	Y-Achse	Z-Achse	
CUR	-5	-14	265	Aktuelle Rohdaten
MAX	-10	3	268	Achsen-Maxima
MIN	-23	-15	245	Achsen-Minima
		SEL	QUIT	

Das AHRS muss nun sehr behutsam so gedreht werden, dass alle seine Gehäuseflächen für ein paar Sekunden nach unten zeigten, und dabei zur Erdoberfläche parallel waren. Es darf in dieser Lage keinen Vibrationen oder Muskelzittern oder Beschleunigungen durch anstoßen oder auch nur leichtes Aufsetzen ausgesetzt sein, weil sonst die Kalibrierung mit Sicherheit schlechter ist, als die vorhergehende.

```
CUR   -5    -14    265
MAX  256    272    255
MIN -281   -253   -277
            SEL   QUIT
```

Eine mögliche Anzeige beim Ende der Kalibrierung ist nebenstehend wiedergegeben.



WICHTIG: SEL löscht die bereits ermittelten Minima / Maxima wieder, und beginnt die Kalibrierung erneut.
QUIT speichert die Kalibrierung und kehrt zurück zum Kalibriermenü.

Wenn Sie sich nicht sicher sind, ob sie den Sensor nicht bei der Kalibrierung doch mal zart aufgesetzt haben, kalibrieren Sie neu.
Falls Sie die Kalibrierung unabsichtlich ausgelöst haben, schalten Sie das Gerät aus, während die Kalibrierung läuft, dann wird die vorherige Kalibrierung nicht überschrieben.

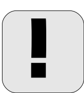
4.7.3. Magnetometer-Kalibrierung

Das 3-Achsen Magnetometer des AHRS wird kalibriert, indem das AHRS-Gehäuse in alle sechs Achsen-Endstellungen für minimalen und maximalen Magnetfeld-Wert gedreht wird. Eine kleine Schwierigkeit dabei ist, dass die Feldlinien des Erd-Magnetfeldes nicht parallel zur Erdoberfläche sind, sondern schräg in den Boden eintauchen. Dieser Winkel heißt Inklination und ist nur dicht beim Äquator nahe null. Auf 54° nördlicher Breite in Europa beispielsweise ist die Inklination ca 67°, am magnetischen Norpol in Nordkanada 90°.

Das heißt, für eine brauchbare Kalibrierung muss man die sechs Maximal- und Minimalwerte der 3 Achsen tatsächlich mit etwas Geduld beim Drehen des Sensors aufsuchen.



Will man das Magnetometer des AHRS am Ort der Montage in der Yacht wegen eines Stahl-Gusskiels, oder anderen größeren Stahlteilen am Boot nachkalibrieren, so sollte man dies tun, **wenn das Display noch nicht im Cockpit montiert ist.** Provisorisch wird Kurscomputer, Display und AHRS mit der Schiffsbatterie verbunden, das Display dabei ablesbar neben die gewünschte Montageposition des AHRS gelegt.



HINWEIS: Achten Sie darauf, bei der Kalibrierung kein Mobiltelefon in einer Gürteltasche oder andere magnetische Gegenstände in der Nähe zu haben wie: Autoschlüssel mit Magnet , MP3-Player mit Orhörer oder Lautsprecher, Transformatoren, Netzteile, etc..

Die Montageposition des AHRS muss mindestens 1 m Abstand zu Laustprechern, magnetischen Schappverschlüssen, Kompass, Handpeilkompass oder anderen Magneten (Werkzeugkiste, Stahltank, Stahl-Kielschwert) haben.

```
Turn sensor in all 3
axles to min / max.
Consid. inclination
           SEL  QUIT
```

Wählen Sie im Kalibriermenü: CALIB MAGNETOMETER

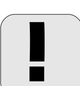
Es erscheint der nebenstehende Hinweistext

QUIT: Die Magnetometer-Kalibrierung wird nicht ausgeführt, Rückkehr ins Hauptmenü

```
CUR   -5     -14   265
MAX  256     272   255
MIN -281    -253  -277
             SEL  QUIT
```

SEL: Die Magnetometer-Kalibrierung wird ausgefürt, es erscheinen für X,Y, Z-Achse fortlaufend ermittelte Min-/Maxwerte. Nehmen Sie sich Zeit, die magnetischen Minima / Maxima für alle drei Achsen des Magnetometers am Ort der Montage zu suchen, indem Sie die einzelnen Achsen erst in einer Ebene bis zu einem Maximal-/Minimalwert kippen, dann in der zweiten, dann wieder in der ersten. Die Feldlinien verlaufen schräg, nicht vertikal. Halten Sie das AHRS dabei tatsächlich dicht vor die Montageposition am Schott. Erschütterungen spielen bei der Magnetometer-Kalibrierung keine Rolle.

Eine mögliche Anzeige nach der Kalibrierung sieht wie nebenstehend aus.



WICHTIG: SEL löscht die bereits ermittelten Minima / Maxima wieder, und beginnt die Kalibrierung erneut.
QUIT speichert die Kalibrierung und kehrt zurück zum Kalibriermenü

Falls Sie die Kalibrierung unabsichtlich ausgelöst haben, schalten Sie das Gerät aus, während die Kalibrierung läuft, dann wird die vorherige Kalibrierung nicht überschrieben.

4.7.4. Stellantrieb-Kalibrierung

Die Kalibrierung des Stellmotors dient zur Aufnahme der Zeit, die der Stellmotor bei 7 unterschiedlichen Stromstärken von Hart nach Hart benötigt.



WICHTIG: Es müssen unbedingt zwei Endschalter so angebracht sein, dass sie dicht VOR Erreichen des mechanischen Verfahrweg-Endes vom Stellmotor betätigt werden! Diese Endschalter müssen vom Typ NC(Normally closed) sein, und bei Betätigung den Stromkreis unterbrechen.

Zunächst fährt der Kurscomputer den Stellantrieb in die Ruder hart Backbord-Begrenzung ein, und startet dann von dort aus seine 14 Kalibrierfahrten.

```
Motor will drive at
different speeds to
the drive unit limit
 UP  DOWN  SEL  QUIT
```

Wählen Sie im Kalibriermenü: CALIB AP MOTOR DRIVE

Es erscheint der nebenstehende Hinweistext

QUIT: Die Kalibrierung wird nicht ausgeführt, Rückkehr ins Kalibriermenü

SEL: Die Kalibrierfahrten beginnen. Der gesamte Vorgang dauert etwa 3 - 5 min.

4.7.5. Rudersensor-Kalibrierung

Die Kalibrierung eines optional nutzbaren analog-Rudersensors dient zur Aufnahme der beiden Endpunkte. Ein Rudersensor ergänzt die Zweipunkt-Geschwindigkeitskalibrierung des Antriebes durch die Endschalter und dient einem präziseren Steuern auch über sehr lange Zeiträume.

Wählen Sie im Kalibriermenü: CALIB RUDDER SENSOR

```
Manually drive to
both AP limits and
hit appropriate OK.
 <<  <OK   OK>  >>
```

Es erscheint der nebenstehende Hinweistext

<< Legt mit dem Antrieb Ruder Backbord

Der in der dritten Zeile am Ende angezeigte Wert muss sich verringern! Wenn der Wert sich bei BB-Ruder stattdessen vergrößtert, ist der Ruderlagegeber falsch am Kurscomputer angeklemmt. Vertauschen Sie in diesem Fall die Adern in den Kurscomputer-Klemmen RUDSENS +3,3V mit RUDSENS GND.

<OK Wird gedrückt, wenn der Endschalter auf hart Backbord erreicht ist

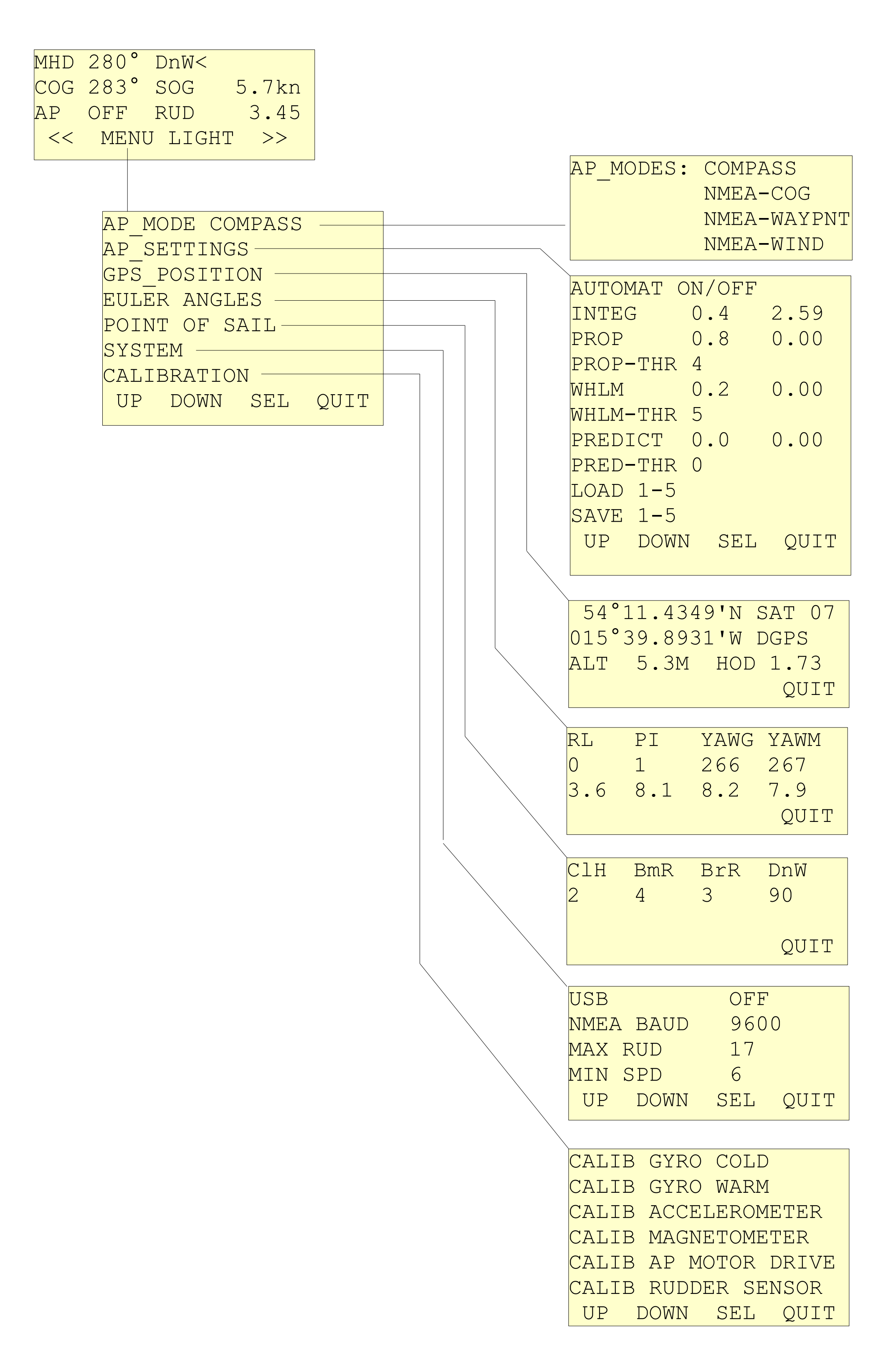
>> Legt mit dem Antrieb Ruder Steuerbord

Der in der dritten Zeile am Ende angezeigte Wert muss sich vergrößern! Wenn der Wert sich bei STB-Ruder stattdessen verringert ist der Ruderlagegeber falsch am Kurscomputer angeklemmt. Vertauschen Sie in diesem Fall die Adern in den Kurscomputer-Klemmen RUDSENS +3,3V mit RUDSENS GND.

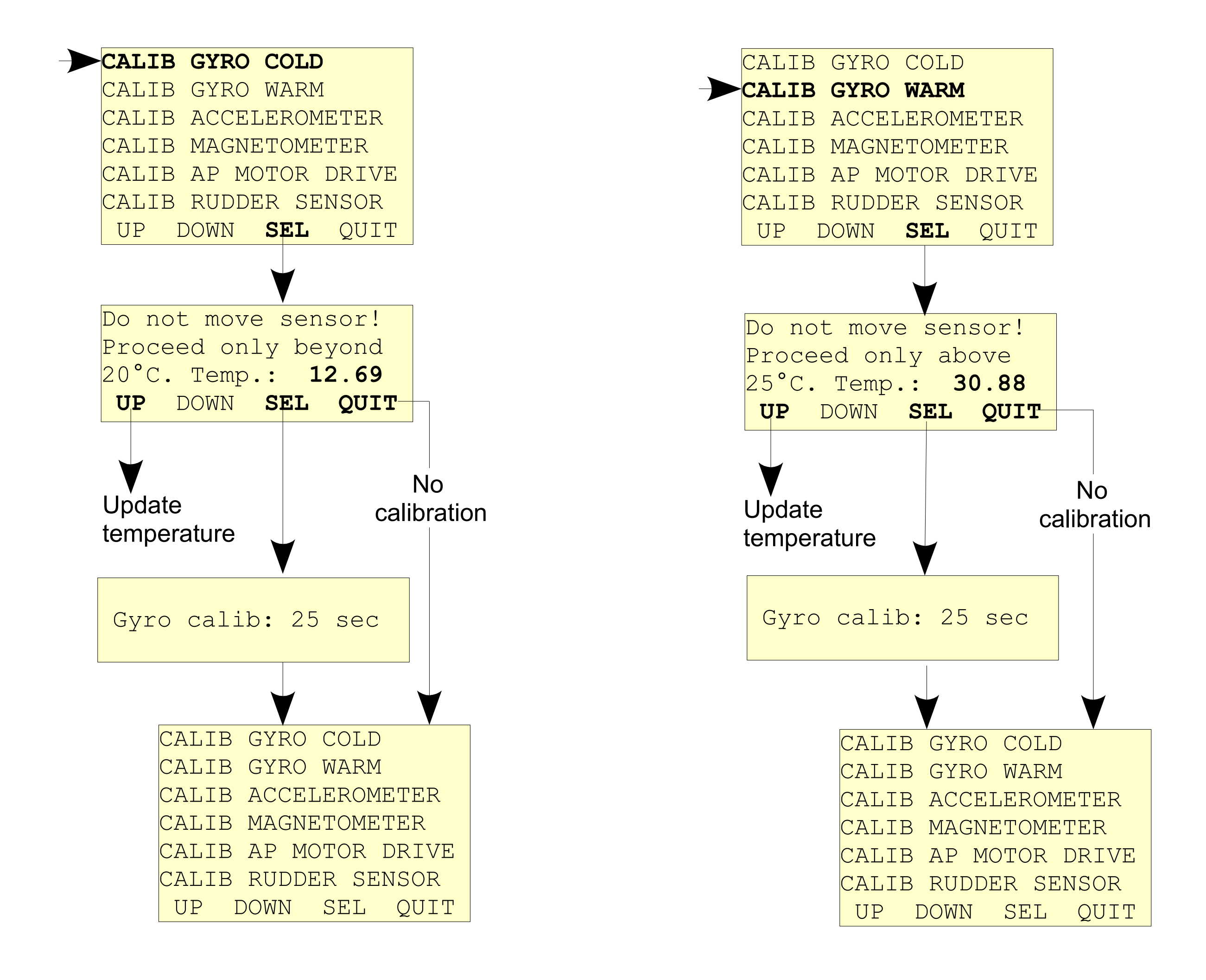
OK> Wird gedrückt, wenn die maximale Ruderlage auf hart Steuerbord mit dem Antrieb erreicht ist.

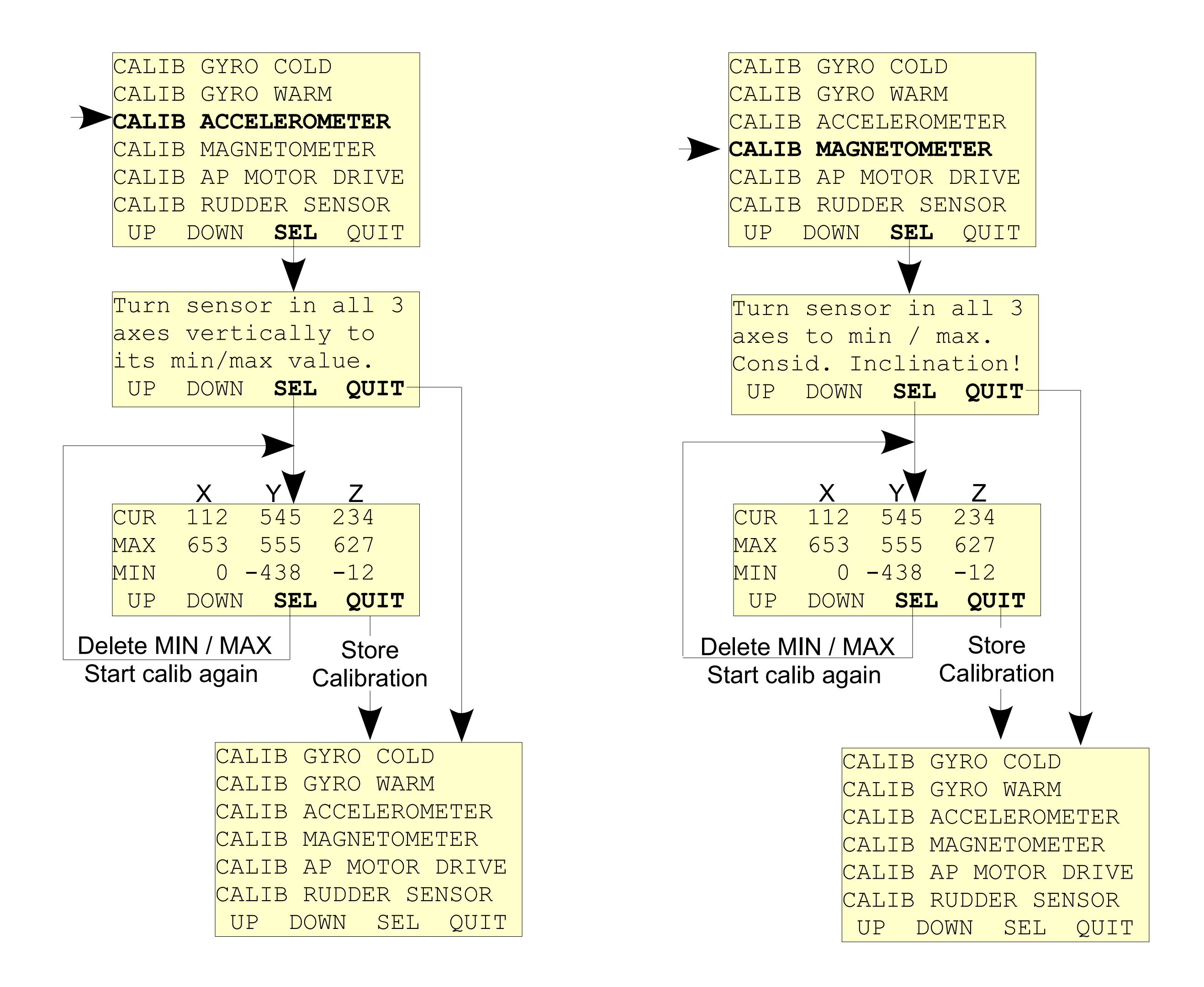
Wurden beide „OK“ betätigt, so werden die dabei aufgenommenen Rudersensorwerte im AHRS gespeichert, die Software kehrt ins Kalibrier-Auswahlmenü zurück.

4.8. Menü Übersicht

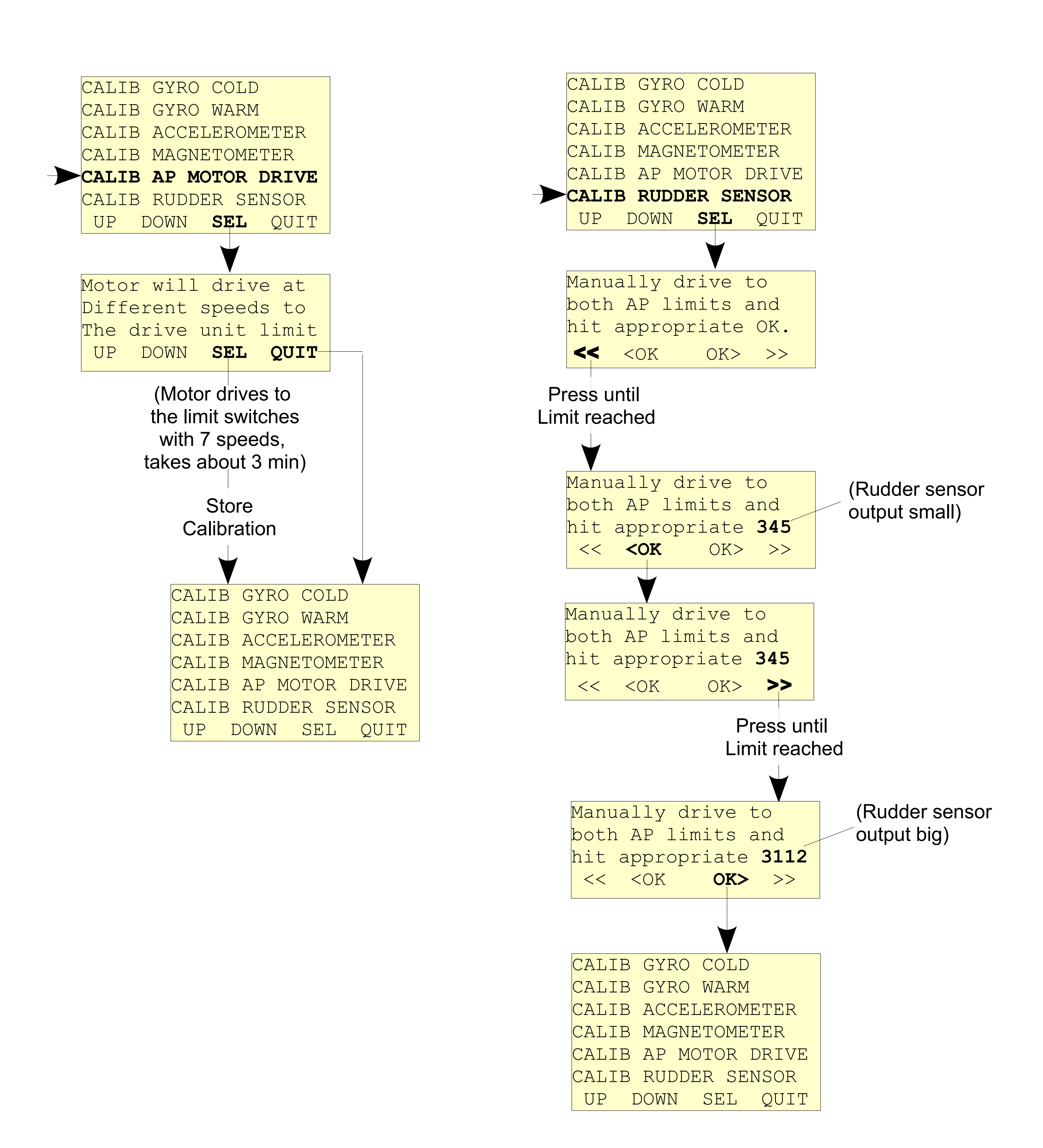


4.9. Kalibrierungen Übersicht





CALIB GYRO COLD
CALIB GYRO WARM
CALIB ACCELEROMETER
CALIB MAGNETOMETER
CALIB AP MOTOR DRIVE
CALIB RUDDER SENSOR
UP DOWN SEL QUIT
Turn sensor in all 3
axes vertically to
its min/max value.
UP DOWN SEL QUIT
X Y Z
CUR 112 545 234
MAX 653 555 627
MIN 0 -438 -12
UP DOWN SEL QUIT
Delete MIN / MAX
Start calib again
Store
Calibration
CALIB GYRO COLD
CALIB GYRO WARM
CALIB ACCELEROMETER
CALIB MAGNETOMETER
CALIB AP MOTOR DRIVE
CALIB RUDDER SENSOR
UP DOWN SEL QUIT
CALIB GYRO COLD
CALIB GYRO WARM
CALIB ACCELEROMETER
CALIB MAGNETOMETER
CALIB AP MOTOR DRIVE
CALIB RUDDER SENSOR
UP DOWN SEL QUIT
Turn sensor in all 3
axes to min / max.
Consid. Inclination!
UP DOWN SEL QUIT
X Y Z
CUR 112 545 234
MAX 653 555 627
MIN 0 -438 -12
UP DOWN SEL QUIT
Delete MIN / MAX
Start calib again
Store
Calibration
CALIB GYRO COLD
CALIB GYRO WARM
CALIB ACCELEROMETER
CALIB MAGNETOMETER
CALIB AP MOTOR DRIVE
CALIB RUDDER SENSOR
UP DOWN SEL QUIT



CALIB GYRO COLD
CALIB GYRO WARM
CALIB ACCELEROMETER
CALIB MAGNETOMETER
CALIB AP MOTOR DRIVE
CALIB RUDDER SENSOR
UP DOWN SEL QUIT
Motor will drive at
Different speeds to
The drive unit limit
UP DOWN SEL QUIT
(Motor drives to
the limit switches
with 7 speeds,
takes about 3 min)
Store
Calibration
CALIB GYRO COLD
CALIB GYRO WARM
CALIB ACCELEROMETER
CALIB MAGNETOMETER
CALIB AP MOTOR DRIVE
CALIB RUDDER SENSOR
UP DOWN SEL QUIT
CALIB GYRO COLD
CALIB GYRO WARM
CALIB ACCELEROMETER
CALIB MAGNETOMETER
CALIB AP MOTOR DRIVE
CALIB RUDDER SENSOR
UP DOWN SEL QUIT
Manually drive to
both AP limits and
hit appropriate OK.
<< <OK OK> >>
Press until
Limit reached
Manually drive to
both AP limits and
hit appropriate 345
<< <OK OK> >>
(Rudder sensor
output small)
Manually drive to
both AP limits and
hit appropriate 345
<< <OK OK> >>
Press until
Limit reached
Manually drive to
both AP limits and
hit appropriate 3112
<< <OK OK> >>
(Rudder sensor
output big)
CALIB GYRO COLD
CALIB GYRO WARM
CALIB ACCELEROMETER
CALIB MAGNETOMETER
CALIB AP MOTOR DRIVE
CALIB RUDDER SENSOR
UP DOWN SEL QUIT

5. Troubleshooting

Autopilot steuert nur im Kreis:

Prüfen Sie am Liegeplatz, durch einen Druck auf << und >>, ob sich der Stellmotor des Antriebes bewegt, und Ruder in die gewünschte Richtung legt. Bei einem Druck auf << muss sich das Ruder so bewegen, dass das Schiff nach backbord (links) den Kurs ändert, ein Druck auf >> muss eine Kursänderung nach steuerbord (rechts) zur Folge haben.

Falls die Ruderbewegung genau umgekehrt ist, so müssen Sie die beiden Anschlussadern des Stellmotors an den Klemmen des Motorcontrollers vertauschen. Schalten Sie dazu zunächst den Autopiloten am Schaltpaneel der Yacht aus!

Autopilot steuert Schlangenlinien:

Stellen Sie die Rudermengen von: WHLM unter MENU / AP_SETTINGS probehalber auf Null, und die Rudermenge von PROP und INTEG jeweils auf 0,5 Grad Ruderkorrektur pro Grad Kursabweichung.

Stellen Sie starke Schwankungen des Magnetkompasskurses (MHD) auf demHauptscreen fest? Mögliche Ursache: magnetische Störung des AHRS, schlechte Kalibrierung.

Autopilot steuert Kursabweichungen nicht schnell genug aus, zu geringer Ruderausschlag

Erhöhen Sie unter MENU / AP_SETTINGS den Wert von PROP und vermindern den Wert PROP-THR. Dadurch steuert der Autopilot bereits bei geringen Kursabweichungen stärker gegen.

Autopilot arbeitet zu „nervös" bei bewegter See

Erhöhen Sie die Werte von PROP-THR, sowie WHLM-THR, beispielsweise auf 5 Grad oder mehr. Dann beginnt der Autopilot erst ab dieser Kursabweichung (PROP-THR) oder Krängungsabweichung (WHLM-THR) mit einer proportionalen oder krängungsgesteuerten Kurskorrektur.

Autopilot bewegt den Antrieb überhaupt nicht

Stellen Sie fest, dass sich der Antrieb bei manueller Bedienung im Standby-Modus überhaupt nicht bewegt, so sind keine Endschalter installiert, oder es sind keine NC (Normally closed Schalter).

Oder der Motorcontroller ist durch Verpolung der Anschlussleitungen zerstört. Kontollieren Sie bei aufgeschraubtem Kurscomputer-Gehäuse, ob unter dem grünen Motorcontroller-Board eine gelbe LED ca. in sek-Abständen blinkt: Motorcontroller lebt noch.

Ist dort eine rote Dauer-LED an?: Motorcontroller meldet einen Fehler:

A) Fehlender Endschalter / defekte Kabelverbindung zum Endschalter, so dass er den AP-Motor nicht starten kann.

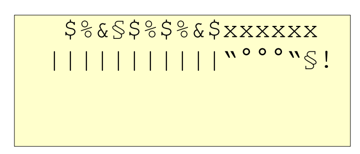
B) Kurzschluss der AP-Motorleitungen. Kontrollieren Sie den AP-Motor und seine Kabelverbindung durch ganz kurzzeitigen Anschluss an einer 12-V-Stromquelle, ob sich der Motor überhaupt bewegt, oder festgefressen ist.

C) Geringe Batteriespannung oder Wackelkontakt in der Stromversorgung: kontrollieren Sie die Klemmen.

D) Nichts von obigem: zunächst telefonischen Kontakt mit dem Hersteller, dann nach Absprache Gerät zurück zum Hersteller zur genaueren Prüfung.

Display zeigt nur schwarze Vierecke oder unleserliche Zeichen

Es kann in seltenen Fällen durch elektrische Störungen (Wackelkontakt, Elmsfeuer, etc...) vorkommen, dass das LCD-Display seine Baudrate „vergisst“ und nach dem Einschalten nur unleserliche Zeichen auf dem Display auftauchen:



Schalten Sie in solchem Fall den Autopiloten am Sicherungspaneel Ihrer Yacht aus, und warten sie 10 sek. Drücken sie danach den roten AP ON/STANDBY-Knopf am Display, und halten ihn während des Einschaltens sowie noch 30 Sekunden danach gedrückt. Dadurch wird im LCD-Display die korrekte Baudrate neu gesetzt.

Autopilot reagiert nur verzögert bei manueller Bedienung im Standby sowie in den Menüs.

Sie haben versehentlich unter MENU / SYSTEM / USB die USB-Verbindung zu einem PC eingeschaltet. Schalten Sie diese USB-Verbindung auf „OFF“.

Die USB-Verbindung zu einem PC wird nur für Servicezwecke oder zum Data logging verwendet.

Autopilot fährt unerwartet eine Wende

jemand hat sich gegen das Display gelehnt, und den Backbord- oder Steuerbord Button dabei länger als 6 Sekunden gedrückt gehalten. Vermeiden Sie, sich gegen das Display zu lehnen.

Möglichkeit B: Der Backbord- oder Steuerbord-Drucktaster ist defekt und muss ausgetauscht werden.

6. Technische Daten

B-CALMXP Kurscomputer

Aufbau: Dualprozessorsystem mit zwei ARM Cortex M3, je 72 MHz

Spannungsversorgung: min 6.5 V max 24V. Spannungen über 36V beschädigen das Gerät dauerhaft.

Stromaufnahme Kurscomputer (AP in Standby): 31.6 mA an 12 V

Motorausgang: MOSFET-H-Brücke, Max 12A Dauerlast ohne Kühlung, PWM-geregelt, vorwärts/rückwärts, temperaturgeschützt.

Stromabgabe Kupplungsausgang: ProFET Max 5 A Dauerlast, Temperatur- und kurzschlussgeschützt, für induktive Lasten geeignet.

Externe Absicherung gemäß der Dauerlast des eingesetzten Antriebes notwendig!

Spannungsversorgung nicht verpolungssicher!

Anschlüsse: Antriebsmotor, el. Kupplung, 2 Endschalter, Rudersensor analog, bis zwei Displays parallel, externes serielles Fremddisplay, AHRS, NMEA-Eingang

Schutzfunktion gegen Batterie-Tiefstentladung

Gehäuse-Schutzart: IP47

Display:

LCD-Display, 4 x 20 Zeichen, seriell angesteuert, LED-Hinterleuchtung, sonnenlichttauglich.

Bedienung: 5 Drucktaster, Typ APEM, IP67

Gehäuse-Schutzart Frontseite: IP67 wasserdicht, Rückseite mit Kabelzugentlastung: IP47. Maße: 120 x 120 x 37 mm mit Montageflanschen

Stromversorgung: 5 V (durch Kurscomputer)

Stromaufnahme: 9 mA unbeleuchtet

Helligkeitsstufen: 7 mit 15.7 - 22.1 - 28.7 - 35.5 - 42.2 - 49.2 mA

AHRS

Richtungs- und Lagereferenzsystem mit 3-Achsen-Magnetometer, 3-Achsen Accelerometer und 3-Achsen Gyrometer. Sensorfusion: Extended Kalman Filter, Externe Richtungsnormale (GPS, Plotter, Windgeber) einspeisbar

Prozessor: AVR Mega386, 8 MHz

Stromversorgung: 5 V (durch Kurscomputer)

Stromaufnahme: 4 - 20 mA

Gehäuse: IP 47, 100 x 50 x 25 mm, mit Montageflanschen, 7 m Kabel abgeschirmt, einseitig offen, Fähnchenmarkierung der Adern

Gesamtsystem

Stromaufnahme B-CALMXP Gesamtsystem an 12 V im Standby mit einem Display, je nach Helligkeitsstufe des Displays [mA]:

38.0 / 44.0 / 51.0 / 57.5 / 64.2 / 71.3 / 78.0 / 85.0

Gesamtsystem, Dual Display

Stromaufnahme B-CALMXP Gesamtsystem an 12 V im Standby mit zwei Displays, je nach Helligkeitsstufe der Displays [mA]:

40.0 / 52.3 / 66.1 / 80.6 / 94.7 / 108.5 / 123.5 / 138.0